Grundlagenstudien
aus Kybernetik
und Geisteswissenschaft
H 6661 F
Postvertriebsstück – Gebühr bezahlt
Hermann Schroedel Verlag KG
Postfach 81 06 20
3000 Hannover 81

ISSN 0017-4939

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft

Erste deutschsprachige Zeitschrift
für Kybernetische Pädagogik
und Bildungstechnologie

Informations- und Zeichentheorie
Sprachkybernetik und Texttheorie
Informationspsychologie
Informationsästhetik
Modelltheorie
Organisationskybernetik
Kybernetikgeschichte
und Philosophie der Kybernetik

Begründet 1960 durch Max Bense
Gerhard Eichhorn
und Helmar Frank

Band 21 · Heft 1
März 1980
Kurztitel: GrKG 21/1

INHALT

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG

Im Verlaufe der sechziger Jahre gewann im deutschen Sprachraum, insbesondere im Umkreis der „Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft", die Erkenntnis an Boden, daß die eigentliche Triebfeder der Kybernetik das Bedürfnis ist, die Vollbringung auch *geistiger* Arbeit an technische Objekte zu delegieren, kurz: sie zu *objektivieren*, und daß dies nicht ohne eine über die geisteswissenschaftlich-phänomenologische Reflexion hinausgehende wissenschaftliche Anstrengung in vorhersehbarer und reproduzierbarer Weise möglich ist, nämlich nicht ohne eine *Kalkülisierung* geistiger Arbeit. Die Bedeutung der Logistik, der Informationstheorie und der Theorie abstrakter Automaten als mathematische Werkzeuge wird von diesem Gesichtspunkt aus ebenso einsichtig wie der breite Raum, den die Bemühungen um eine Kalkülisierung im Bereich der *Psychologie* und im Bereich der Sprache bzw., allgemeiner, der *Zeichen*, einnahmen.

Die geistige Arbeit, deren Objektivierbarkeit allmählich zum Leitmotiv dieser Zeitschrift wurde, ist nicht jene geistige Arbeit, die sich selbst schon in bewußten Kalkülen vollzieht und deren Objektivierung zu den Anliegen jenes Zweiges der Kybernetik gehört, die heute als Rechnerkunde oder Informatik bezeichnet wird. Vielmehr geht es in dieser Zeitschrift vorrangig darum, die verborgenen Algorithmen hinter jenen geistigen Arbeitsvollzügen aufzudecken oder wenigstens durch eine Folge einfacherer Algorithmen anzunähern und damit immer besser objektivierbar zu machen, welche zur Thematik der bisherigen Geisteswissenschaften gehören. Der größte Bedarf an Objektivation in diesem Bereiche ist inzwischen bei der geistigen Arbeit des *Lehrens* aufgetreten. Mit der Lehrobjektivation stellt diese Zeitschrift ein Problem in den Mittelpunkt, dessen immer bessere Lösung nicht ohne Fortschritte auch bei der Objektivierung im Bereich der Sprachverarbeitung, des Wahrnehmens, Lernens und Problemlösens, der Erzeugung ästhetischer Information und des Organisierens möglich ist. Die Bildungstechnologie als gemeinsamer, sinngebender Bezugspunkt soll künftig auch bei kybernetikgeschichtlichen und philosophischen Beiträgen zu dieser Zeitschrift deutlicher sichtbar werden. (GrKG 13/1, S. 1 f.)

Schriftleitung: Prof. Dr. Helmar Frank
Assessorin Brigitte Frank-Böhringer (Geschäftsführende Schriftleiterin)
Institut für Kybernetik, Heiersmauer 71, D-4790 Paderborn
Telefon: (0 52 51) 3 20 23, 2 14 56

Verlagsredaktion: Norbert Gärtner, Hermann Schroedel Verlag KG
Zeißstraße 10, D-3000 Hannover 81

Zuschriften: Zusendungen von Manuskripten gemäß unseren Richtlinien auf der dritten Umschlagseite an die Schriftleitung oder Verlagsredaktion.

Verlag und Anzeigenverwaltung: Hermann Schroedel Verlag KG
Zeißstraße 10, D-3000 Hannover 81, Telefon: (05 11) 83 88-1, Telex 9 23 527
Verantwortlich für den Anzeigenteil: Frank Eggers
z.Z. gültige Preisliste Nr. 2 vom 1. 1. 1979

Erscheinungsweise: Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich (März, Juni, September, Dezember). Redaktionsschluß: 1. des Vormonats

Bezugsbedingungen: Jahresabonnement (Inland) DM 34,–, Einzelheft DM 9,50. Für Studenten jährlich DM 25,50, Einzelheft DM 7,10; jeweils zuzüglich Versandspesen. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer.
Ausland: Jahresabonnement DM 37,20, Einzelheft DM 9,50; jeweils zuzüglich Versandspesen.

Bestellungen an: Hermann Schroedel Verlag KG – Zeitschriftenabteilung –
Zeißstraße 10, D-3000 Hannover 81
Deutsche Bank AG, Hannover 06 39 104
Die Bezugsdauer verlängert sich jeweils um ein Jahr, wenn bis zum 1. Dezember keine Abbestellung vorliegt.

Gesamtherstellung: Druckerei Hans Oeding, Wilhelmstraße 1, D-3300 Braunschweig

Erfüllungsort und Gerichtsstand: Hannover
Printed in Germany / ISSN 0017-4939
Die GrKG erscheinen in der Regel mit einer Knapptextbeilage in Internationaler Sprache mit dem Titel „Homo kaj Informo".

Zur rationalisierten Fremdsprach-Lehrplanung unter Berücksichtigung der (z.B. deutschen oder japanischen) Muttersprache

von Yukio FUKUDA, Hiroshima (Japan)
aus dem Seminar für deutsche Sprache an der Gesamtwissenschaftlichen Fakultät der Universität Hiroshima

1. *Problemstellung*

Die Notwendigkeit einer erfolgreicheren Fremdsprachpädagogik kann als unbestritten gelten. Aus der Sicht der Länder der Europäischen Gemeinschaften gibt es hierfür ein vorrangiges Motiv: die Kommunikation zwischen den neun Ländern der westlich-südlichen europäischen Föderation (der sich voraussichtlich in den kommenden Jahren noch 3–4 „Erwartungsländer" anschließen werden) in allen Lebensbereichen zu verbessern, ohne dabei der einen oder anderen der sieben (bzw. später bis zu elf) in diesen Ländern offiziellen Sprachen – und damit zwangsläufig dem diese Sprache tragenden Volk – eine Vorrangstellung einzuräumen. Aber auch für alle anderen Teile der Welt – auch für den englischen Sprachraum – verstärkt sich die Notwendigkeit, fremde Sprachen, zumindest in Schriftform, wenn nicht auch in gesprochener (über Satelliten ausgestrahlter) Form verstehen oder – wenngleich in selteneren Fällen – sogar selbst aktiv als Ausdrucksmittel verwenden zu können.

So häufig diese Auffassung vertreten wird, so selten sind diskussionswürdige, konkrete Vorschläge zur Verbesserung der sprachpädagogischen Situation zu hören. Wer mehr Fremdsprachunterricht fordert, muß angeben, was dafür aus dem bisherigen Lehrstoff gestrichen werden soll – und muß an dieser Aufgabe scheitern. Ein diskussionswürdiger, theoretisch und empirisch immer besser begründeter, konstruktiver Vorschlag ist der Einstieg in den Fremdsprachunterricht über einen vorgeschalteten *Sprachorientierungsunterricht;* dieser soll aufgrund noch zu erörternder Phänomene beim späteren, auf bisherige Lehrinhalte und -ziele festgelegten und in diesem Sinne „herkömmlichen" Fremdsprachunterricht mehr Zeit einsparen, als er selbst benötigt. (Vgl. dazu die grundsätzlichen Darlegungen von Frank, 1976, 1978a; Lobin, 1978a,b; Geisler, 1979; Frank, Meder, Geisler, 1979.)

Inzwischen liegen mehr und mehr quantitative Bestätigungen für die Richtigkeit dieses Ansatzes vor. Dabei fehlt aber sowohl eine theoretisch-sprachwissenschaftliche als auch eine empirisch-sprachpädagogische Untersuchung über die Abhängigkeit solcher quantitativen Effekte von der *Muttersprache* der Lerner. Die vorliegende Arbeit versucht hierzu einen ersten Ansatz anhand einer Gegenüberstellung der Situation von deutschsprachigen und von japanischsprachigen Lernern derselben ersten „herkömmlichen" Schulfremdsprache Englisch.

2. *Äußerliche Gegenüberstellung*

Wie in Deutschland, so beginnt auch in Japan die Schulpflicht mit dem 6. bis 7. Lebensjahr. In *Deutschland* muß schon ab dem 5. Schuljahr, also etwa vom 10. Lebensjahr ab, jeder verbindlich eine fremde Nationalsprache lernen, und zwar offiziell *irgend* eine *lebende* Fremdsprache oder *Latein* (tatsächlich lernt fast jeder zwangsweise Englisch und nur selten wird eine Ausweichmöglichkeit auf Latein oder Französisch geboten). Der Unterricht in dieser Sprache findet wöchentlich 4–5stündig statt und dauert mindestens bis zum Ende der Schulpflicht, d.h. 5–6 Jahre (für Abiturienten in der Regel 9 Jahre). In *Japan* dagegen besteht an der Schule *ohne Alternative* nur der Zwangsenglischunterricht, der vom 7. Schuljahr (etwa vom 12. Lebensjahr) an wöchentlich 4stündig mindestens 3 Jahre lang allen Schülern erteilt wird (den Abiturienten in der Regel 6 Jahre lang).

Ein Teil der *deutschen* Schüler (Realschul- und Gymnasialzweig) lernt später (mindestens) noch eine zweite Fremdsprache, wobei Latein und Französisch meist echt zur Wahl stehen. In *Japan* wird an der Schule keine zweite Fremdsprache unterrichtet, jedoch muß jeder Studierende verbindlich während der ersten 4 Semester seines Studiums im Umfang von 4 Wochenstunden Deutsch oder Französisch lernen, ähnlich wie ein Teil der Studienfächer in Deutschland einen Lateinkurs verlangt, sofern diese Sprache nicht in der Schule gelernt wurde.

Englisch ist – trotz des starken französischen Einflusses auf ihren Wortschatz und (in wenigen Fällen) auf ihre grammatische Struktur – eine germanische Sprache, also eng mit dem Deutschen verwandt. Dagegen steht die japanische Sprache völlig isoliert: weder Koreanisch noch Chinesisch noch eine andere Sprache sind mit Japanisch verwandt. Selbst die *Schriftzeichen* des Englischen sind für den japanischen Schüler völlig andersartig als die viel knappere Schreibweise seiner Muttersprache. Es gibt auch keine ausgeprägten affektiven Zuneigungen zum angelsächsischen Sprachraum. Der Unterricht wird nur aufgrund der unbezweifelbaren praktischen Wichtigkeit der englischen Sprache durchgeführt; er ist bei der Mehrheit der Schüler unbeliebt, der Erfolg überwiegend unbefriedigend.

3. *Ansatz des Sprachorientierungsunterrichts*

Der Sprachorientierungsunterricht geht davon aus, daß *vor* dem Erlernen einer fremden Nationalsprache mit ihren historisch bedingten, das Lernen für Sprachausländer sehr erschwerenden Eigentümlichkeiten (Unregelmäßigkeiten, Idiomen usf.) durch Auseinandersetzung mit einem Fremdsprach-*Modell* die *möglichen Strukturen* von Sprache erschlossen und damit das Fremdsprachenlernen drastisch erleichtert wird. (In der kybernetisch-pädagogischen Theorie wird von einer beträchtlichen Reduktion der Lehrstoffinformation durch Strukturerkennung gesprochen; vgl. Frank, 1978.) Speziell beim „Paderborner Modell" des Sprachorientierungsunterrichts wird die Internacia Lingvo (Esperanto; im folgenden kurz ILo genannt) als Fremdsprach-Modell verwendet. Nach Frank (1978b, S. 272) spielt dabei ein Erkennenlernen „möglicher

Übereinstimmungen und Abweichungen in den Strukturmerkmalen fremder Sprachen im Vergleich zur Muttersprache" neben „allgemeinen sprachlichen Strukturkategorien" und „einigen konkreten Lehrstoffelementen aus den später evtl. zu lernenden fremden Nationalsprachen" die zentrale Rolle.

Fruchtbar wird also die Auseinandersetzung des Schülers mit der ILo in doppelter Hinsicht:

1. Der Schüler erkennt *Unterschiede* zur Muttersprache, die in derselben Weise später bei Englisch auftauchen
2. Der Schüler erkennt in verfremdeter Form Eigenschaften der Muttersprache *wieder,* die er dadurch als Strukturbestandteile abstrahiert und als Struktur bei Englisch wiederfindet.

Wegen der Einfachheit, Regelmäßigkeit und Deutlichkeit der ILo erfolgen diese Lernprozesse sehr rasch, worauf die didaktische (von allen sprach*politischen* Erwägungen *unabhängige*) Legitimation des Sprachorientierungsunterrichts beruht.

Die genaueren Aussagen über die erforderliche Lernzeit für das Fremdsprachmodell (ILo) sowie über den Transfer zur Ziel-Nationalfremdsprache (im Beispiel: Englisch) hängen daher mit Sicherheit von mindestens drei Variablen ab: der Ausgangssprache A (Muttersprache), der Modellsprache M und der Ziel-Fremdsprache Z. Dies soll zunächst allgemein diskutiert werden. (Eine informationspsychologische Diskussion der Abhängigkeit vom Alter der Lerner werde im folgenden ausgeklammert, obgleich, wie erwähnt, zwischen Japan und Deutschland auch hier Unterschiede bestehen.)

4. *Fallunterscheidungen für sprachliche Strukturähnlichkeiten*

Zunächst sind folgende beiden Fragen zu stellen:

1) Ist die Ausgangssprache A des Lerners zur Modellsprache M (die dem Sprachorientierungsunterricht – SPOU – zugrundeliegt) *ähnlich* (in Zeichen: $A = M$) oder nicht ($A \neq M$)?

   Falls $A = M$, dann ist M offensichtlich besonders leicht lernbar, was (nach Wahl) entweder den Zeitaufwand für den SPOU verringert oder seinen „Erfolg an sich" (d.h. die erreichbare Kompetenz in M) erhöht.

2) Ist M zur Zielfremdsprache Z ähnlich oder nicht? Falls $M = Z$, kann mit einer besonders hohen Transferwirkung gerechnet werden, was nach Wahl entweder den Zeitaufwand für den herkömmlichen Fremdsprachunterricht verringert oder dessen Erfolg erhöht.

Die sich aus $M = Z$ ergebende besonders hohe Transferwirkung kommt aber wohl weniger durchschlagend zum Ausdruck, wenn schon $A = Z$ ist, denn dann beruht die Wirkung nur auf der verfremdeten Wiederspiegelung und damit Bewußtmachung von Eigenschaften der „Muttersprache" (Ausgangssprache).

Für die lehrplantheoretische Beurteilung des SPOU müssen daher 8 theoretisch mögliche Ergebnisse eines Globalvergleichs zwischen *A,M* und *Z* getrennt behandelt werden; sie sind in Bild 1 zusammengestellt.

Fall	0	1	2	3	4	5	6	7
A:*M*	=	=	=	=	≠	≠	≠	≠
M:*Z*	=	=	≠	≠	=	=	≠	≠
A:*Z*	=	≠	=	≠	=	≠	=	≠

Bild 1

Der Fall 0 trifft z.B. auf die Reihenfolge *A-M-Z* = Deutsch-ILo-Englisch zu. Die Reihenfolge Japanisch-ILo-Englisch ist dem Fall 5 zuzuordnen. Das bedeutet praktisch, daß der SPOU für japanische Kinder einen höheren Lernaufwand als für deutsche Schüler erfordert (was vielleicht aufgefangen werden kann, wenn er im 5. und 6. statt im 3. und 4. Schuljahr erteilt wird); dafür ist aber die Transferwirkung gravierender, womit wohl insgesamt vermutet werden darf, daß der SPOU für Japan noch wichtiger ist als für das deutsche Schulwesen.

Der Fall 1 ist praktisch bedeutungslos, da die Ähnlichkeitsrelation zwar nicht transitiv ist, aber doch aus der Ähnlichkeit von *A* mit *M* und der von *M* mit *Z* eine wenigstens *abgeschwächte* Ähnlichkeit auch von *A* mit *Z* folgt. Aus entsprechenden Überlegungen folgt, daß auch die Fälle 2 und 4 auf der vorläufig erreichbaren Genauigkeitsstufe sprachpädagogischer Aussagen auszuschließen sind, weil kein Tripel *A,M,Z* denkbar ist, das *notwendig* einem dieser Fälle zugeordnet werden müßte. Der Fall 3 würde für die Reihenfolge Deutsch (oder Englisch)-ILo-Japanisch anzusetzen sein, der Fall 6 etwa für das Erlernen des Peking-Chinesischen (Mandarin) durch einen Südchinesen auf dem Umweg über die ILo, und schließlich der Fall 7 auf die Reihenfolge Swahili-ILo-Japanisch. Offensichlich ist der Fall 6 nicht zu rechtfertigen, so daß für genauere Betrachtungen nur noch die Fälle 0, 3, 5 und 7 zu unterscheiden sind.

Quantitative Aussagen sind natürlich nur möglich, wenn zumindest präzisiert wird, worin zwei Vergleichssprachen übereinstimmen und worin sie sich unterscheiden. Die Zahl der Übereinstimmungen könnte ein erstes Ähnlichkeitsmaß liefern; die Summe der Lernaufwände für ihre Unterschiede stellt ein bereits genaueres Maß für die Distanz zweier Sprachen dar.

Unterschiede können bestehen

1) in der unterschiedlichen Beantwortung der Frage, *ob* ein bestimmtes Merkmal auf die Sprache zutrifft (z.B.: gibt es einen unbestimmten Artikel?)
2) in der unterschiedlichen Beantwortung, *wie* ein bestimmtes Merkmal ausgeprägt ist (z.B.: wie wird die Zeit ausgedrückt: durch Stammänderung eines Verbs, durch eine zeitanzeigende Endung, durch ein getrenntes Temporaladverb oder ...?).

Man kann (wenngleich nicht immer in sehr natürlicher und praktikabler Weise) jede Wie-Frage in eine Reihe von Ob-Fragen auflösen. Tut man dies, dann kann man eine Sprache kennzeichnen durch die Folge der Ja-Nein-Antworten auf eine endliche Zahl von Fragen nach ihren Merkmalen. Ein *Unähnlichkeits*maß zweier Sprachen ist die sogenannte Hamming-Distanz zwischen ihren so zustandegekommenen „binären" Beschreibungen, das heißt: die Zahl der Ob-Fragen, die bei den beiden Sprachen *verschieden* zu beantworten sind. Offensichtlich gibt es hinsichtlich der Beantwortungen derselben Ob-Frage bei den 3 Sprachen *A,M* und *Z* 8 Möglichkeiten, die in Bild 2 zusammengefaßt sind.

Trifft Merkmal auf die folgende Sprache zu?	Fälle 0	1	2	3	4	5	6	7
A	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja
M	nein	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja
Z	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja

Bild 2

Hinsichtlich *eines* bestimmten Merkmals können zwei Sprachen entweder übereinstimmen oder nicht. Beschränkt man die in Bild 1 gezeigten Fälle auf diese einzige Merkmalsdimension, dann erhält man für die Fälle 0 bis 7 von Bild 2 die in Bild 3 eingetragenen Vergleichsergebnisse. Man erkennt, daß nur 4 der Vergleichsfälle von Bild 1 noch möglich sind.

Vergleichsergebnis für	Fallnummer nach Bild 2 des Merkmalzutreffens auf *A-M-Z*: 0	1	2	3	4	5	6	7
A:*M*	=	=	≠	≠	≠	≠	=	=
M:*Z*	=	≠	≠	=	=	≠	≠	=
A:*Z*	=	≠	=	≠	≠	=	≠	=
Vergleichsfall von Bild 1:	0	3	6	5	5	6	3	0

Bild 3

Die verbleibenden Fälle entsprechen in Bild 1 den Vergleichsfällen 0, 3, 5 und 6. Der oben noch beachtete Fall 7 scheidet also aus, sobald man von der Globalvergleichung zum Detailvergleich übergeht. Dafür bleibt der oben als ungerechtfertigt zurückgewiesene Fall 6 bestehen; er ist jedoch nur zu beachten, wenn er *nicht* in der weit überwiegenden Mehrheit der Vergleichsdimensionen der drei Sprachen auftritt, weil sonst der SPOU mit *M* unvorteilhaft wäre.

Betrachtet man *A* und *Z* als gegeben, dann stellt sich zumindest theoretisch das Problem, welche Modellsprache *M* am günstigsten dem Sprachorientierungsunterricht zugrundezulegen ist.

Für *deutsch*sprachige spätere Lerner des Englischen sind – wegen der Ähnlichkeit von *A* und *Z* – in der Mehrheit der Dimensionen die zwei Vergleichsfälle der Spalten 0, 2, 5 und 7 von Bild 3 zu beachten, wobei aber die Spalten 2 und 5 die *weniger* günstige Merkmalwahl für *M* (Bewußtmachung des Gleichen durch Kontrast!) zeigen. D.h.: die für deutsche Schüler optimale Modellsprache *M* stimmt in allen Dimensionen mit *A* = Deutsch überein, in denen *A* mit *Z* = Englisch übereinstimmt. In den anderen Dimensionen sollte *M* eher mit *Z* als mit *A* übereinstimmen – und damit also in allen Dimensionen!

Dasselbe Ergebnis erhält man für *A* = Japanisch, obgleich hier in der Mehrheit der Fälle von den Dimensionen der Spalten 1, 3, 4 und 6 von Bild 3 auszugehen ist.

In erster Näherung kann man also unterstellen, daß die Wahl der bestgeeigneten Modellbasis des SPOU bei gleicher Zielsprache Z unabhängig von der Ausgangssprache (Muttersprache) der Lerner ist.

Falsch wäre dagegen die Folgerung, die Modellsprache solle im Optimalfall in *jeder* Hinsicht mit der Zielsprache übereinstimmen und folglich mit dieser identisch sein. (Man solle also statt SPOU Frühenglischunterricht erteilen!) Unsere obigen Betrachtungen gelten nur für die „Struktur"-Merkmale von Sprachen, d.h. nur für die „Regeln", nicht für die „Ausnahmen". Strukturen sind ja gerade dann besonders leicht zu erkennen, wenn sie (zunächst) nicht durch Ausnahmen getarnt sind! *M* sollte daher „ausnahmefrei" sein. Aber auch eine Beseitigung aller Ausnahmen in *Z* führt nicht notwendig zur didaktisch optimalen Modellsprache *M*. Denn es mag wohl in Einzelfällen günstiger sein, die *Gemeinsamkeit* mit der Muttersprache erkennen zu lassen, um erst darauf aufbauend zu erkennen, daß es auch *anders* sein *könnte* (und im Falle von *Z* tatsächlich ist), statt die betreffende Merkmaldimension durch den *Kontrast* zu erschließen. Man muß also im Prinzip in den einzelnen Dimensionen *getrennt* die auf diese Dimension entfallenden Lernzeitanteile ermitteln, um in jeder Dimension entscheiden zu können, ob es für die Lernzeitoptimierung günstiger ist, wenn *M* mit *A* oder wenn *M* mit *Z* übereinstimmt. Hinzu kommt noch ein tiefer liegender Grund: die Lernzeiten für die Einzeldimensionen sind nicht notwendig alle voneinander unabhängig, nämlich insbesondere dort nicht, wo bei einer Sprache zwei oder mehr Merkmale nur gemeinsam gezeigt werden können (z.B. im Deutschen Person und Kasus des Personalpronomens). Eine Sprache, die diese Schwierigkeiten *getrennt* lernbar macht, wird darauf *in der Summe* in der Regel *weniger* Lernzeit benötigen; die Modellsprache soll also (wie jedes Lehrstoffmodell) nicht nur *einfach* (Überflüssiges weglassend) und *regelmäßig* (Ausnahmen vermeidend) sein, sondern auch *„deutlich"* die Einzelmerkmale voneinander abheben, auch wenn sie bei *A* und *Z* miteinander verschmolzen auftauchen! (Zu diesen drei Kriterien von Lehrstoffmodellen vgl. Frank, 1976, 1978 a,b).

Da ILo – wie die agglutinierenden Sprachen – das Modellmerkmal der *Deutlichkeit* trägt, und da ILo von Zamenhof unter dem Eindruck jener Strukturmerkmale des Englischen entwickelt wurde, die im Hinblick auf das für Kommunikation Erforderliche besonders *einfach* sind, und da er dabei überdies eine vollständige Regelmäßigkeit anstrebte, kann aufgrund der bisherigen Überlegungen vermutet werden, daß ILo der theoretisch optimalen Modellsprache *M* für den SPOU, unter der *Voraussetzung der Zielsprache Englisch,* aber *unabhängig* von der *Ausgangssprache*, hinreichend nahekommt. Wahrscheinlich sind sogar die Abweichungen zwischen den evtl. für verschiedene Ausgangssprachen geringfügig verschiedenen theoretischen Optima von derselben Größenordnung, wie die Abweichung zwischen ILo und irgend einem solchen theoretischen Optimum. Diese Ergebnisse, die aufgrund der Fallunterscheidungen schon vorab zu erwarten sind, fassen wir knapp in zwei Thesen zusammen:

1. Wenn es außerhalb des englischen Sprachraums überhaupt *irgendwo* sinnvoll ist, Englisch zu lernen, dann ist es dort sinnvoll, vorab Sprachorientierungsunterricht zu erteilen. (Die Muttersprache der Lerner ist unerheblich.)
2. Wenn irgendwo *M* als Modellsprache des Sprachorientierungsunterrichts optimal ist, dann ist *M* auch überall sonst hierfür gut geeignet, und zwar *etwa gleich gut* wie ILo. (Es spricht also nichts gegen die Wahl *M* = ILo.)

Eine völlig andere, keinesfalls schon vor empirischen Untersuchungen entscheidbare Frage ist die nach der optimalen Lernzeitverteilung zwischen SPOU und herkömmlichem Fremdsprachunterricht, sowie die erforderliche Lernzeit für die zu erzielende Sprachkompetenz. Diese Fragen sind sicher nicht mehr unabhängig von *A* zu beantworten. Vielmehr darf vorab schon erwartet werden, daß die Gesamtlernzeit von *M* und *Z* desto größer ist, je stärker sich *A* von *Z* unterscheidet, selbst wenn man die Vergleichsdimensionen nur *zählt*, statt sie auch sprachpädagogisch zu *gewichten.* Auch kann unterstellt werden, daß im speziellen Fall *M* = ILo, *Z* = Englisch der auf den SPOU zu verwendende Lernzeitanteil zumindest absolut, wenn auch möglicherweise nicht relativ größer ist, sobald die Ausgangssprache einen größeren Abstand von *Z* hat. Mit anderen Worten: Bei sonst gleichen Voraussetzungen – insbesondere bei gleichem Alter der Lerner – benötigt der SPOU in Japan wohl mehr Unterrichtszeit als in Deutschland.

Im nächsten Abschnitt werden wir versuchen, eine erste Zusammenstellung von Strukturmerkmalsdimensionen zu geben, in denen wir Englisch, ILo, Japanisch und Deutsch vergleichen.

5. *Vergleichsdimensionen und Vergleichsergebnisse*

Wir werden im folgenden nacheinander Merkmale (je nach Beispiel) aufführen, in denen (1) Japanisch und ILo sowie ILo und Englisch übereinstimmen (Vergleichsfall 0 in Bild 1), (2) Japanisch und ILo, nicht aber ILo und Englisch übereinstimmen (Vergleichsfall 3 von Bild 1), (3) Japanisch und ILo sich unterscheiden, nicht aber ILo und

Englisch (Vergleichsfall 5 von Bild 1), (4) Japanisch und ILo sowie ILo und Englisch sich unterscheiden (Vergleichsfall 7 von Bild 1). Wir werden jeweils vermerken, welche Situation hierbei für *deutsche* Schüler besteht. Daraus muß sich dann ein Hinweis auf den unterschiedlichen Wert des SPOU in beiden Ländern ergeben. Vorab sei bemerkt, daß nicht *a priori* für jeden dieser vier Merkmalsklassen ein in diese einzuordnendes Beispiel für das Tripel Japanisch-ILo-Englisch bestehen muß. Nimmt man nämlich an, daß Japanisch und Englisch den *maximalen* Abstand haben, der zwischen zwei Sprachen möglich ist, d.h. daß sie sich in *allen* Merkmalsdimensionen unterscheiden, dann ist es offensichtlich unmöglich, eine Dimension zu finden, in der sich ILo sowohl von Japanisch als auch von Englisch unterscheidet — solange jede Dimension durch eine Ob-Frage gekennzeichnet ist, also nur zwei Möglichkeiten zuläßt. Wir werden nicht versuchen, jede Wie-Frage in Ob-Fragen aufzulösen, wie wir überhaupt hier keine Vollständigkeit des Merkmalrepertoires anstreben. Dennoch kann die geringe Besetzung der Klasse (4) — ebenso wie die geringe Besetzung der Klasse (1) — als Ausdruck der großen Distanz zwischen Japanisch und Englisch angesehen werden.

5.1 *Vergleich zwischen A = Japanisch, M = ILo und Z = Englisch*

5.1.1 *Übereinstimmungen zwischen Japanisch, ILo und Englisch (A = M = Z)*

1) Unterscheidung zwischen Adjektiv und Adverb durch die Endungen

z.B. 美しい，美しく

UTSUKUSHII, UTSUKUSHIKU
bela, bele
beautiful, beautifully

2) Die Tempora (Präsens und Präteritum) werden durch die Endungen des Verbs ausgedrückt (die unregelmäßigen Verben des Englischen und Japanischen werden hier ausgeklammert)

働く，働いた
HATARAKU, HATARAITA
laboras, laboris
work, worked

3) Persönliche Pronomen der 3. Person beziehen sich auf natürliches Geschlecht bzw. Sächlichkeit, nicht auf Genus des Substantivs

彼、彼女、それ
KARE, KANOJO, SORE
li ŝi, ĝi
he she, it

5.1.2 *Japanisch und ILo, nicht aber ILo und Englisch stimmen überein* ($A = M \neq Z$)

1) Einen unbestimmten Artikel gibt es nicht

z.B. これは机です。
KORE-WA TSUKUE DESU
tio estas tablo
vgl. this is *a* desk
das ist *ein* Tisch

2) Nach Präpositionen steht das Substantiv oder Pronomen im Nominativ, die Wortform bleibt unverändert.

彼は学生です。
KARE-WA GAKUSEI DESU
li estas studento
vgl. *he* is a student
er ist Student

彼女は彼の前に立つています。
KANOJO-WA KARE NO MAE NI TATTE IMASU
ŝi staras antaŭ *li*
she is standing in front of *him*
sie steht vor *ihm*

(Im Japanischen kommt das Substantiv/Pronomen vor die Präposition, diese wird daher Postposition genannt.)

3) Das finite Verb bleibt nach Person und Zahl unverändert.

z.B. 私は飲む。
WATASHI-WA NOMU
mi trink*as*
彼は飲む。
KARE-WA NOMU
li trink*as*
vgl. I drink — I am drinking
he drink*s* — he is drinking
ich trink*e*
er trink*t*

4) Fragesätze werden mit dem speziellen Wörtchen „ĉu" eingeleitet. Die japanische Sprache hat auch ein ähnliches Wort „ka", das stets am Satzende steht.

これは本ですか？
KORE-WA HON DESU KA
ĉu tio estas libro?

vgl.	is this a book?
	ist das ein Buch?

5) Der Gebrauch von Genitiv mit „de" und Dativ mit „al" weist zu japanischen Postpositionen Analogien auf.

	父の工場	私は銀行に行きます。
	CHICHI-NO KOJO	WATASHI-WA GINKO-NI YUKIMASU
	la fabriko *de* la patro	mi iras *al* la banko
vgl.	my father*'s* factory	I am going *to* the bank
	die Fabrik *des* Vaters	ich gehe *zur* Bank

6) Das unpersönliche „es" fehlt.

	雨が降つている。	あたたかい。
	AME-GA FUTTE IRU	ATATAKAI
	pluvas	estas varme
vgl.	*it* is raining	*it* is warm
	es regnet	*es* ist warm

(Die japanische Sprache kennt „es" nicht.)

7) In der indirekten Rede steht dieselbe Zeitform, die man bei direkter Rede anwenden würde.

	彼は私におなかがすいていると言いました。
	KARE-WA WATASHI-NI ONAKA-GA SUITEIRU TO IIMASHITA
z.B.	li diris al mi ke li havas malsaton
vgl.	he told me that he *was* hungry
	er sagte mir, daß er Hunger *habe*

8) Die zusammengesetzten Grundzahlen entsprechen im Japanischen genau der Dezimalzahldarstellung:

	十一，	十二，	十五，	三十，	七十九
z.B.	11 JU-ICHI	12 JU-NI	15 JU-GO	30 SAN-JU	79 SHICHI-JU-KU
	dek-unu	dek-du	dek-kvin	tridek	sepdek-naŭ
	eleven	*twelve*	*fifteen*	*thirty*	seventy-nine
	elf	*zwölf*	*fünfzehn*	drei*ßig*	neun*und*siebzig

9) Beim Akkusativ wird ein -n angehängt. Im Japanischen wird der Akkusativ mit -o gekennzeichnet.

彼はコーヒーを飲みます。
KARE-WA KOHI-O NOMIMASU
li trinkas kafon
he drinks coffee

10) In bezug auf die Verbform im negativen, interrogativen und imperativen Satz, haben Japanisch und ILo parallele Erscheinungen.

彼は働かない。	彼は働いたか。	働け。
KARE-WA HATARAKA-NAI	KARE-WA HATARAITA KA	HATARAKE
li ne laboras	ĉu li laboris?	laboru!
he does not work	did he work?	work!

5.1.3 *Japanisch unterscheidet sich von ILo, aber ILo nicht von Englisch* ($A \neq M = Z$)

Der Gebrauch von bestimmten Artikeln, Plural des Substantivs, Relativpronomen, Infinitiv, Partizip (Präsens und Perfekt) usw. ist für den Japaner völlig unbekannt.

1) その橋は長い。
SONO-HASHI-WA NAGAI
la ponto estas longa
the bridge is long

2) 美しい庭の花
UTSUKUSHII NIWA NO HANA
la floroj de bela ĝardeno
the flowers of a beautiful garden

3) 私の寝た部屋は清潔だつた。
WATASHI-NO NETA HEYA-WA SEIKETSU DATTA
la ĉambro, en kiu mi dormis, estis pura
the room in which I slept was clean

4) 私はタバコをすいたい。
WATASHI-WA TABAKO-O SUITAI
mi desirus fumi
I would like to smoke

5) タバコをすつている紳士は誰ですか。
TABAKO-O SUTTEIRU SHINSHI-WA DARE DESU KA
kiu estas la fumanta sinjoro?
who is the smoking gentleman?

6) 手紙は書かれた。 書かれた手紙
TEGAMI-WA KAKARETA. KAKARETA TEGAMI

la letero estis skribata. la skribita letero
the letter was written. the written letter

5.1.4 *Japanisch und ILo, sowie auch ILo und Englisch unterscheiden sich voneinander (A ≠ M ≠ Z)*

1) Falls im Japanischen das Adjektiv als Prädikat auftritt, ist die Kopula (sein) unnötig. Das Adjektiv von ILo erhält die Pluralendung -j, auch wenn es als Prädikat gebraucht wird.

花 は 赤 い 。
HANA-WA AKAI
la floroj estas ruĝaj
the flowers are red

2) Der Konditional und Imperativ weichen voneinander ab.

(a) 私たちにお金があつたら、旅行できるだろう。

(b) 私は弟がその本を読むように、本を弟にあげた。

(a) WATASHITACHI-NI OKANE ATTARA, RYOKO DEKIRU DARO
(b) WATASHI-WA OTOTO-GA SONO HON-O YOMUYONI HON-O OTOTO-NI AGETA

(a) se mi havus monon, mi povus fari vojaĝon
(b) mi donis la libron al mia frato por ke li ĝin legu

(a) if we had money, we could make a trip
(b) I gave the book to my brother in order that he might read it

5.2 *Vergleich zwischen A = Deutsch, M = ILo, Z = Englisch*

5.2.1 *Deutsch = ILo = Englisch (A = M = Z)*

1) Jede Sprache hat den bestimmten Artikel
die Brücke ist lang
la ponto estas longa
the bridge is long

2) Die Pluralform des Substantivs wird auf Grund der Singularform gebildet
Blume — Blumen
floro — floroj
flower — flowers

3) Relativpronomen
das Zimmer, in dem ich schlief, war sauber
la ĉambro, en kiu mi dormis, estis pura
the room in which I slept was clean

4) Nach den Modalverben kommt die Infinitivform des Verbs
wir müssen arbeiten
ni devas labori
we must work

5) Partizip Präsens
wer ist der rauchende Herr?
kiu estas la fumanta sinjoro?
who is the smoking gentleman?

5.2.2 *Deutsch und ILo stimmen überein, nicht aber ILo und Englisch (A = M ≠ Z)*

1) Konjunktivform (im Englischen nicht vorhanden)
wenn wir Geld *hätten, könnten* wir eine Reise machen
se mi hav*us* monon, ni pov*us* fari vojaĝon
vgl. if we had money, we could make a trip (Vergangenheitsform)

2) Die Richtung wird durch den Akkusativ gekennzeichnet
er legte das Buch auf *den* Tisch
li metis la libron sur la tablo*n*
vgl. he put the book on the desk

wohi*n* gehen Sie?
kie*n* vi veturas?
vgl. where are you going?

3) Zeit- und Maßangaben stehen im Akkusativ
wir warteten zwei Stunden (Akkusativ)
ni atendis du horojn
vgl. we waited *for* two hours

5.2.3 *Deutsch ≠ Ilo = Englisch (A ≠ M = Z)*

1) Die Beziehungen zwischen Adjektiv und Adverb

sie ist schön	sie singt schön
ŝi estas bela	ŝi kantas bele
she is beautiful	she sings beautifully

2) Gebrauch von persönlichen Pronomen der 3. Person (grammatisches Geschlecht!)

ist der Apfel sauer?	ja, *er* ist sauer.
ĉu la pomo estas maldolĉa?	jes, ĝi estas maldolĉa
is the apple sour?	yes, it is.

3) Gebrauch von Negativartikel „kein"
das ist *kein* Buch
tio ne estas libro
this is not a book

4) Genus

der Hund, *das* Pferd, *die* Katze
la hundo, la ĉevalo, la kato
the dog, the horse, the cat

5) Wortstellung

(a) als er *mich besuchte, war ich* krank
kiam li vizitis min, mi estis malsana
when he visited me, I was sick

(b) ich *will* den Satz *lesen*
mi volas legi la frazon
I want to read the sentence

5.2.4 *Deutsch* $\neq$ *ILo* $\neq$ *Englisch* ($A \neq M \neq Z$)

(1) Fragesatz
tranken Sie Kaffee? (Inversion)
ĉu vi trinkis kafon?
did you *drink* coffee? (Präsens)

(2) Negativsatz
ich weiß es *nicht* (am Satzende)
mi *ne* scias tion
I *don't* know it

6. *Zusammenfassung*

Die aufgeführten grammatischen Merkmale wollen wir als Funde in einer mehr oder minder zufälligen Stichprobe ansehen. Bild 4 stellt die in Abschnitt 5 gefundenen Verteilungen dieser (Wortschatz, Phonetik und Stilistik nicht einschließenden!) Merkmale auf die vier Klassen für japanische und für deutsche Schüler einander gegenüber.

Ferner unterstellen wir, daß der Erwerb einer gewissen Kompetenzstufe in Englisch zwischen 10 und 30mal soviel Aufwand erfordert, wie der Erwerb derselben Kompetenzstufe in ILo. Die untere Schranke ergibt sich aus der Überlegung, daß der SPOU in Deutschland mit ca. 150 Grundschulunterrichtsstunden *ohne* Hausaufgaben, der Englischunterricht bis zum Abitur mit 1 500 Sekundarstufen-Unterrichtsstunden *zuzüglich* Hausaufgaben angesetzt wird. Die obere Schranke ergibt sich für das offiziell erstrebte – nicht erreichte – Sprachniveau aus einem Grobversuch von Frank (1978c).

Schließlich berücksichtigen wir den (auf Erfahrungen mit Kindern ungarischer Muttersprache gegründeten) Hinweis von Szerdahelyi (1970), wonach sich eine Lernzeitreduktion durch vorhergehendes ILo-Lernen bei der Zielsprache Z = Englisch in der Größenordnung von 40% erreichen läßt (ein Wert, der wohl höchstens für die ersten 4–6 Englisch-Schuljahre gilt). Dieser Reduktionswert der Lehrstoffinformation gilt sicher nicht *gleichmäßig* für *alle* Dimensionen; als Mittelwert könnte er z.B. auch

zustandekommen, wenn in Dimensionen mit $M \neq Z$ keinerlei Reduktion aufträte, dafür aber für $M = Z$ eine 80%ige Lernerleichterung.
Auch das Verhältnis der Lernzeiten für Z und M kann zwar im Mittel von der Größenordnung 20:1 sein, aber sicher nicht einzeln für jede Dimension.
Nur zur Veranschaulichung des entwickelten Gedankens einer quantitativen Analyse der Lernzeiten (keineswegs dagegen mit dem Anspruch, so schon verwendbare Näherungswerte zu liefern!) unterstellen wir die folgenden, in Bild 4 zusätzlich eingetragenen relativen Lernzeiten für die Dimensionen der vier definierten Klassen: Wo $M = A$, genügt für M 1 Lerneinheit, sonst 2. Bei Z (ohne vorherigen SPOU) sind wegen der Unregelmäßigkeiten 12 bzw. 20 Einheiten zu unterstellen. Letztere Zahl bleibe unverändert, wo $M \neq Z$, sonst reduziere sie sich auf 4 Lernzeiteinheiten (was im Mittel die von Szerderdahelyi angesprochene Reduktion auf 60% ergibt).

Merkmalklassifikation nach Abschnitt 5			Merkmalzahl in Stichprobe		Lernzeiteinheiten		
Klasse	$A:M$	$M:Z$	für A = Japanisch	Deutsch	für M	für Z	für Z nach M
1	=	=	3	5	1	12	4
2	=	$\neq$	10	3	1	20	20
3	$\neq$	=	6	6	2	20	4
4	$\neq$	$\neq$	2	2	2	20	20

Bild 4

Aus Bild 4 erhält man also als erforderliche Zahl von Lernzeiteinheiten

a) in Japan
für den SPOU: 3x1 + 10x1 + 6x2 + 2x2 = 29
für Z ohne SPOU: 3x12 + 10x20 + 6x20 + 2x20 = 396
für Z nach SPOU: 3x4 + 10x20 + 6x4 + 2x20 = 276

b) in Deutschland:
für den SPOU: 5x1 + 3x1 + 6x2 + 2x2 = 24
für Z ohne SPOU: 5x12 + 3x30 + 6x20 + 2x20 = 280
für Z nach SPOU: 5x4 + 3x20 + 6x4 + 2x20 = 144

Die Zahlen dieses Rechenexempels geben (1) das Verhältnis der Lernzeit für ILo und Englisch größenordnungsmäßig richtig wieder, (2) einen Eindruck von der erheblich größeren Mühe, die der japanische Schüler aufzuwenden hat, und (3) ein allerdings nur qualitativ richtiges Bild vom Aufwand für den SPOU im Vergleich zum durch ihn ermöglichten Transfergewinn. Sicher *falsch* wären jedoch Schlüsse aus obigem Zahlenspiel auf optimale Stundenverteilungen wie auch die Folgerung, der SPOU bringe absolut und prozentual dem deutschen Schüler mehr Lerngewinn für Englisch als dem japanischen Schüler. Diesen Eindruck erweckt letztlich die nur dem Grammatikbereich entnommene Merkmalstichprobe; die Grammatik macht aber z.B. bei ILo weniger als 1/3 der sprachlichen Lehrstoffinformation aus (Meder, 1977). Nicht berücksichtigt

wurden oben die zahlreichen Wortähnlichkeiten zwischen ILo und Englisch, wie schon die übereinstimmende Schrift – Eigenschaften des Paars *M–Z*, die für den Japaner zur Klasse 3, für Deutsche zur Klasse 1 gehören, womit der prozentuale Transfergewinn aus dem SPOU für den Japaner absolut und relativ größer wird, als der obige Rechengang ergibt.

7. *Ausblick*

Offen bleibt zunächst auch die Frage, wie groß die in *Stunden* gemessene Einsparungsmöglichkeit im Englischunterricht durch vorgeschalteten SPOU im Falle deutscher und japanischer Schüler ist. Hinweise wie die oben abgeschätzten oder die von Szerdahelyi gegebenen können nur eine Gröbstvorstellung von der Größenordnung vermitteln, was nur ausreicht, genauere Untersuchungen, wie sie derzeit laufen, überhaupt erst zu motivieren und zu planen. Bisher wurden in solche Untersuchungen Sprachwissenschaftler kaum einbezogen; die im gegenwärtigen Beitrag angeschnittenen feineren Fragen nach einer optimalen Zeitzumessung für den SPOU in Abhängigkeit von der Ausgangssprache sollen ein Forschungsprogramm initiieren, bei welchem Linguisten und kybernetisch orientierte Sprachpädagogen zusammenwirken.

Schrifttum

Chaves, Sylla: Überlegungen zur Lernerleichterung im Fremdsprachunterricht durch Vorausstellung der Internacia Lingvo, GrKG 20/4, 1979

Frank, Helmar: Sprachorientierungsunterricht nach dem Paderborner Modell, aula 2/1976, S. 133–141

Frank, Helmar: Grundlagen und sprachpädagogische Anwendung einer informationstheoretischen Transferanalyse, GrKG 19/3, 1978 (a), S. 75–88

Frank, Helmar: Zur Rechtfertigung sprachlicher Lehrinhalte und Lehrziele unter dem Gesichtspunkt der Erziehung zur Selbstbestimmung. In: M.-L. van Herreweghe (Hrsg.): Self-Realization through Education. Proceedings of the VIIth World Congress of the Intern. Ass. for the Advancement of Educ. Research. Gent, 1978 (b), S. 267–281

Frank, Helmar: Lernaufwand und Lernerfolg bei konkurrierenden Wissenschaftssprachen, Eùropa Dokumentaro 17, 1978 (c)

Frank, Helmar / Geisler, Evelyn / Meder, Brigitte: Nachweise des strukturbedingten Transfers aus dem Sprachorientierungsunterricht, GrKG 20/1, 1979, S. 14–28

Geisler, Evelyn: La unnuaj mezuradoj pri lernplifaciligo inter Internacia kaj angla lingvoj, Eùropa Dokumentaro 21, 1979, S. 9–10

Lobin, Günter: Bildungsökonomische Analyse zu verschiedenen Modellen des Früh-Fremdsprachunterrichts, GrKG 19/4, 1978, S. 126

Lobin, Günter: Kostenanalyse über die allgemeine Einführung des Sprachorientierungsunterrichts im Vergleich zu einer hypothetischen Einführung des Früh-Englischunterrichts am Beispiel NRW, Eùropa Dokumentaro 19/1978, S. 13

Meder, Brigitte S.: Zur Informationsbestimmung sprachlicher Lehrstoffe. GrKG 18/3, 1977, S. 73–78

Szerdahelyi, István: La didaktika loko de la Internacia Lingvo en la sistemo de lernejaj studobjektoj, in: Internacia Pedagogia Revuo, Nürnberg 1970, S. 5–9

Eingegangen am 31. August 1979

Die vorliegende Arbeit entstand während eines einmonatigen Gastaufenthalts des Verfassers am Institut für Kybernetische Pädagogik, Paderborn.

Anschrift des Verfassers: Professor Yukio Fukuda (privat) J-738 Hiroshima, Itsuka-Ichi Rakuraku-En 5-9-18-201, Japan; (Amt) J-730 Hiroshima, Hiroshima-Daigaku, Sógó-Kagakubu, Japan

Zur Modellierung und Rechnersimulation des Lernens: erste Ergebnisse eines Modellierungsversuches

von András GÁSPÁR und Lajos PÁLVÖLGYI, Budapest

In unserem Beitrag streben wir eine Modellierung von kybernetischen Grundlagen adaptiver Lernsysteme an. In einer früheren Arbeit haben wir ein Modell beschrieben, das konstruiert wurde, um die Möglichkeiten der deterministischen Modelle einer bestimmten Netzmodellklasse zu demonstrieren. Den Input des Modells bilden „Ereignisse", den Output „Operationen". Das Modell wird auf einen speziellen gerichteten Graphen (Baum) aufgebaut und seine Funktion von einem Algorithmus bestimmt (vgl. Gáspár und Pálvölgyi, 1978). In unserem vorliegenden Beitrag beschreiben wir einige Eigenschaften dieses Modells, wobei wir *auf die früher eingeführten Begriffe und Bezeichnungen* aufbauen. Zunächst zählen wir einige einfachere, mathematisch beweisbare Eigenschaften des Algorithmus des Modells sowie der sog. Positionen (Menge der aktiven Punkte des Graphen) auf; dann erklären wir, gestützt auf die Erfahrungen von Simulationsuntersuchungen, die Gesetzmäßigkeiten der während des Funktionierens entstehenden „Erwartung". Danach erweitern wir den das Funktionieren des Modells determinierenden Algorithmus, damit das Modell vermittels seiner Operationen zu einem aktiven Lernsystem werden kann.

Einige Eigenschaften der Positionen und des Algorithmus

(1) Wenn q nicht Quellpunkt von Graph G ist, wird q zu einem Zeitpunkt dann und nur dann das Element der Position P_{t+1}, wenn der Vorgänger von q ein Element der vorhergehenden Position war und das dem q zugehörige Ereignis eingetreten ist. Das heißt, angenommen, daß $q \in G_p$ und $q \neq 1$, dann und nur dann wird die Relation $q \in P_{t+1}$ erfüllt, wenn $\ddot{u}(q) \in P_t$ und $e(q) \in F_t$ ist.

(2) Jeder Prozeß bestimmt die Endposition, die bei ihrem Eintreffen entsteht, eindeutig. Ja, wenn sogar $g \in K$, d.h. der Prozeß kontinuierlich ist, dann bestimmt der Prozeß g die Endposition gegenseitig eindeutig, was soviel bedeutet, daß zu jeder realistischen Position $R \in \mathcal{R}$ ein einziger kontinuierlicher Prozeß $g \in K$ existiert, bei dessen Eintreffen die Endposition R ist, wenn die Anfangsposition die Ruheposition ist. Dementsprechend kann eine solche k-Funktion definiert werden für die zutrifft: $k(R) = g$ und $k^{-1}(g) = R$.

(3) Die Strömungsgeschwindigkeit der Aktivität ist 1 Kante/Takt auf dem Graph. Die Strömung ist ein gegenseitig eindeutiger Kode des kontinuierlichen Prozesses.

Eine Folge dessen ist, daß die verschiedenen kontinuierlichen Prozesse entlang verschiedener Bahnen die Spuren modifizieren und entlang gleicher Bahnen gleich sind, wenn man annimmt, daß ihre Anfangsposition dieselbe ist. Sei $\|p\|$ die Länge des Weges vom Quellpunkt zum Punkt p, wenn $p \in G_p$. Da wir mit einem Baum arbeiten, können wir diese Länge als „Niveau" bezeichnen. Das Niveau von Positionen können wir ähnlich definieren: $\|P\| \doteq \max \|p\|$ für jedes $P \in \mathcal{P}$.

(4) Die Länge eines kontinuierlichen Prozesses $g \in K$ ist gleich mit dem Niveau jener Endposition $R \in \mathcal{R}$, die dann entsteht, wenn der Prozeß g eintrifft, falls die Anfangsposition die Ruheposition war. Da wegen (2) $g = k(R)$ ist, so ist $|k(R)| = \|R\|$ für jedes $R \in \mathcal{R}$.

(5) Wenn $\|P_1 \cap P_2\| = j\,(j > 0)$ ist, dann ist $\|\ddot{U}(P_1) \cap \ddot{U}(P_2)\| = j-1$, für alle P_1, $P_2 \in \mathcal{P}$. (Gut sichtbar ist die Vorbereitung auf die vollständigen Induktionsbeweise.)

(6) Wenn $R \in \mathcal{R}$ und $\|R\| > 1$ ist, dann ist $\ddot{U}(R) \in \mathcal{R}$, also der Vorgänger einer realistischen Position ist auch eine realistische Position.

(7) Wenn $R_1, R_2 \in \mathcal{R}$ ist, dann ist $R_1 \cap R_2 \in \mathcal{R}$, also ist der gemeinsame Teil von realistischen Positionen auch eine realistische Position.

(8) Sei G^l ein Teilgraph, der aus dem ersten l-Niveau des G besteht (vgl. Bild 1). Da die Punkte von G^l eine realistische Position bilden, wenn $R \in \mathcal{R}$ ist, dann ist $R \cap G^l \in \mathcal{R}$. Der letzte l-Takt eines kontinuierlichen Prozesses kann auch gegenseitig eindeutig auf G^l kodiert werden [vgl. mit (3)!]. Das zeigt die Möglichkeit der Endlichkeit des Kodes.

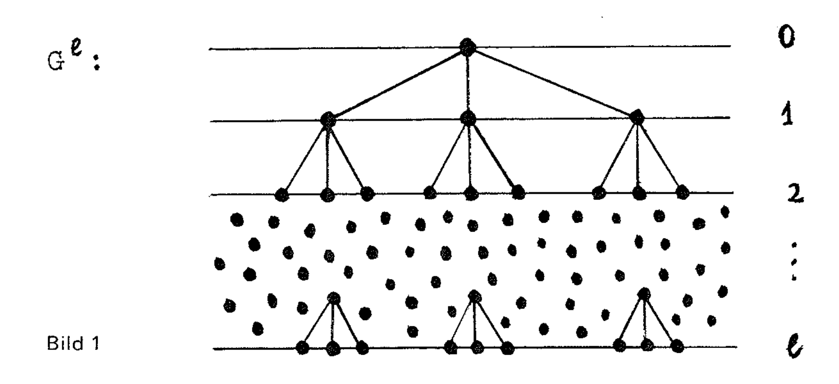


Bild 1

(9) Sei $m \doteq |E \cup O|$, d.h. die Zahl der Ereignisse und Operationen; l die Zahl der Niveaus; $n \doteq |G^l_p|$, d.h. die Zahl der Punkte von G^l; und $r \doteq |R^l|$, die Zahl der realistischen Positionen auf G^l. Dann ist:

$$\lim_{l \to \infty} {}^{(2)}\log r = \frac{m + {}^{(2)}\log\left(1 - 2^{\frac{1}{m}}\right)}{{}^{(2)}\log m} \approx \frac{m}{{}^{(2)}\log m}.$$

Dieser Zusammenhang dient zur Charakterisierung der Zahl (r) der auf dem aus n Punkten bestehenden Teilgraph unterscheidbaren kontinuierlichen Prozesse.

Die Untersuchung der Veränderung der Erwartung in der Zeit

In der gegenwärtigen Phase der Modellierung kann eine über die vorherige wesentlich hinausgehende mathematische Untersuchung nur sehr schwer und teilweise durchgeführt werden. Unseres Erachtens ist also die empirische Untersuchung des Modells mit Hilfe einer Rechnersimulation von sehr großer Bedeutung. Auch die Simulationsuntersuchungen sollte man zunächst mit den kürzeren und einfacheren Experimenten beginnen und im Fall ihrer befriedigenden Interpretation sich schrittweise den komplizierteren und eine längere Simulationszeit umfassenden Untersuchungen zuwenden.

Bei der Planung der Simulationsexperimente stießen wir auf ein eigenartiges Dilemma, das am ehesten mit dem Problem der Maßwirkung vergleichbar ist. Unser Ziel ist immer, die zu modellierenden Erscheinungen in möglichst einfacher Form – unter Verwendung von möglichst wenig Ereignissen und Zeittakten – herzustellen; zugleich zeigt jedoch das Modell dann erst seinen wahren Charakter, wenn im Laufe von entsprechend großangelegten und komplizierten Simulationsexperimenten entsprechende Input-Prozesse angewendet werden und genügend Zeit für die Entfaltung der Adaptationserscheinungen zur Verfügung gestellt wird. Die Ausmaße der Simulation sind natürlich durch die Gedächtniskapazität und die Arbeitsgeschwindigkeit des zur Verfügung stehenden Rechners begrenzt, was den Modellierer – so auch in unserem Fall – zu gewissen Kompromissen zwingt. Ja, in vielen Fällen muß er sogar auf die Verwirklichung von komplizierteren Simulationsversuchen verzichten.

Für die Simulationsuntersuchungen haben wir den Algorithmus des Modells in der SIMULA-67 Programmiersprache formuliert und die verschiedenen Experimente an dem CDC-3300-Rechner der Ungarischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt. Für eine erfolgreiche Simulation haben wir die uns zur Verfügung stehenden Software-Mittel weiterentwickelt und so die programmierte Zusammenarbeit von verschiedenen in der SIMULA-67 Sprache verfaßten selbständigen Programmen – der sog. „Tasken" – d.h. die Schaffung von für die großangelegten Simulationsaufgaben nötigen Task-Systemen ermöglicht (Gáspár–Visontay–Csáki, 1977).

Im ersten Schritt untersuchten wir, welche Erwartungen zu den jeweiligen Zeitpunkten im Modell im Zusammenhang mit einzelnen Ereignissen, unter Einwirkung verschie-

dener Inputprozesse, entstehen. Im Laufe eines einfacheren Experiments untersuchten wir die Erscheinung der Verbindung von zwei Ereignissen, sagen wir eines „Ton"- und eines „Licht"-Reizes. Der angewandte Input-Prozeß war 60 Takte lang, darin erfolgte das erste Ereignis (e_1) in den ersten 10 Takten, das zweite Ereignis (e_2) in den nächsten 20 Takten. In den übrigbleibenden 30 Takten erfolgte nichts. Die „Karte" dieses Input-Prozesses sehen wir am oberen Teil von Bild 2. Die Einsen zeigen das Eintreffen des jeweiligen Ereignisses an, während die Nullen bedeuten, daß das Ereignis im gegebenen Takt nicht erfolgt ist. In der ersten Zeile wird die Reihenfolge des Eintreffens des ersten, darunter die des zweiten Ereignisses beschrieben.

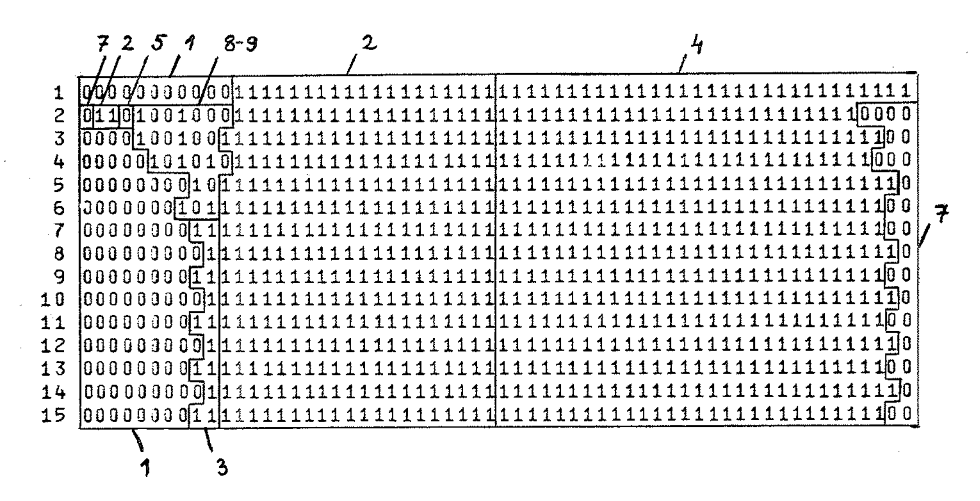
Während des Simulationsexperimentes ist der oben beschriebene Input-Prozeß 15mal hintereinander erfolgt. Wir haben untersucht, ob in den verschiedenen Phasen des Experiments eine Erwartung gegenüber den einzelnen Ereignissen entsteht. Die „Erwartungskarten" von den 15 x 60-Maßen sehen wir auf Bild 2, unter der Beschreibung des Input-Prozesses auf das erste Ereignis, darunter auf das zweite bezogen. „1" auf dem Bild zeigt an, daß das Modell im gegebenen Takt das Ereignis erwartet, „0" zeigt an, daß es das Ereignis nicht erwartet hat.

Bei Studium der Erwartungskarten können wir – sofern unsere Interpretation richtig ist – das Eintreffen mehrerer Erscheinungen registrieren. Nachdem die jeweiligen charakteristischen Gebiete umrahmt und mit einer Nummer gekennzeichnet wurden, scheint es, daß das Eintreffen folgender Erscheinungen festgestellt werden kann: (1) anfänglicher, von Erwartung freier Ruhezustand; (2) Entstehung einer bedingten Erwartung unter Einwirkung der erfolgten Input-Prozesse; (3) Entstehung einer Vorerwartung; (4) Entstehung einer Nacherwartung; (5) bedingte Erwartungshemmung – vgl. mit dem ersten Pawlowschen Gesetz der gegenseitigen Induktion: die Einstellung des Reizes induziert eine Erwartungshemmung; (6) Wiederherstellung der Erwartung nach Aufhebung des hemmenden Reizes – vgl. mit dem zweiten Pawlowschen Gesetz der gegenseitigen Induktion: die Aufhebung des hemmenden Reizes induziert Erwartung; (7) das Verschwinden der Erwartung; (8) die zeitliche Generalisation der Erwartung infolge der entstandenen bedingten Erwartung; (9) zeitliche Differenzierung der Erwartung infolge der entstandenen bedingten Erwartungshemmung; (10) „spontane" Erwartung, die in Wirklichkeit natürlich überhaupt nicht spontan ist, genau wie in der Wirklichkeit; anstelle einer komplizierten Erklärung neigen wir jedoch immer dazu, sie als spontan zu deklarieren.

Mit einem anderen Experiment haben wir die Erscheinung der differenzierenden Hemmung untersucht. Wir haben zwei Prozesse abwechselnd wiederholt. Im einen Prozeß folgte dem „A-Ton" immer eine „Licht"-Bestätigung, während dem „B-Ton" nie eine „Licht"-Bestätigung folgte. Den „A-Ton" repräsentierte immer ein mit bestimmter Frequenz (010101) erfolgendes Ereignis e, während den „B-Ton" ebenfalls das Ein-


```
             10         20         30         40         50         60
 1  1111111111 0000000000 0000000000 0000000000 0000000000 0000000000
 2  0000000000 1111111111 1111111111 0000000000 0000000000 0000000000
```

```
     1  2   4 10   5            6          7
 1  0111111111 1111100000 0000000000 1111111111 0000000000 0000000000
 2  0111111111 1000010000 0000000000 1111111111 1110000000 0000000000
 3  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
 4  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
 5  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
 6  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
 7  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
 8  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
 9  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
10  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
11  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
12  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
13  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
14  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
15  0111111111 1000000000 0000000000 1111111111 1111000000 0000000000
```




```
 1  0000000000 0111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
 2  0110100100 0111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111110000
 3  0000100100 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111100
 4  0000010101 0111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111000
 5  0000000010 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111110
 6  0000000101 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111100
 7  0000000011 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111100
 8  0000000001 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111110
 9  0000000011 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111100
10  0000000001 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111110
11  0000000011 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111100
12  0000000001 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111110
13  0000000011 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111100
14  0000000001 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111110
15  0000000011 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111100
```

Bild 2

treffen dieses Ereignisses e repräsentierte, jedoch mit einer anderen Frequenz (001001). Das ganze Experiment verlief in Begleitung eines „biologischen Hintergrundgeräusches", das vom ständigen Eintreffen eines anderen Ereignisses f (1111111111) repräsentiert wurde. Da sowohl beim Ton „A" als auch beim „B" das gleiche Ereignis eintrifft, nur mit einer anderen Frequenz, d.h. die beiden „Töne" sind einander ähnlich, wurde beim Erklingen des „B-Tones" anfangs die „licht"-bezogene bedingte Erwartung ausgelöst. Dem „B-Ton" folgte jedoch nie eine Bestätigung, weshalb die bedingte Erwartung infolge der differenzierenden Hemmung aufhörte, während sie mit dem „A-Ton" auch weiterhin abrufbar blieb.

Beide skizzierten kritischen Experimente reproduzierten die hinlänglich bekannten psychophysiologischen Erscheinungen, d.h. diese Experimente bieten keinen Grund, unser Modell zu verwerfen, mit *diesen* Experimenten ist es nicht gelungen, unser Modell zu falsifizieren. Mehr noch, aufgrund unserer Simulationserfahrungen kann auf das Warum dieser Erscheinungen schon eine Antwort zu geben versucht werden.

Erweiterung des Modells

Unsere bisherigen Beispiele stellten nur die passive Adaptation des Modells vor, der Algorithmus hat die Operationen bisher nicht definiert. Bei einer erneuten Erweiterung des Algorithmus sei mit z die „Operationsschwelle" bezeichnet ($0 < z < 1$ und $v < z$). Die neuen oder veränderten Teile des Algorithmus werden auch dieses Mal mit dickem marginalem Randstreifen bezeichnet. Die im Algorithmus enthaltene Anweisung „**inner** i;" ($i = 1, 2 \ldots$) zeigt an, daß an dieser Stelle eine veränderliche Anweisungsserie eingesetzt wird.

comment 1. Angaben der Anfangswerte;
$\forall t \in T$ **do**
begin
$V_t := F_t := \emptyset$;
$P_t := \langle Q \rangle$;
end;
$\forall p \in G_p$ **do**
$\forall e \in E \cup O$ **do**
$s(p, n(p, e)) := (0, 0)$;
$t := 0$;
comment Diese waren die Angaben der Anfangswerte;
inner 1;
comment Hier erfolgt das Eingeben des untersuchten Prozesses und der Anfangsspuren in die Mengen F_t und den Graphen;

comment 2. Veränderung der Positionen und der Spuren;

again: $\forall p \in P_t$ **do**
$\forall e \in F_t$ **do**
begin
into $(n(p, e), P_{t+1})$;
$s(p, n(p, e)) := s(p, n(p, e)) \oplus (1, 0)$;
end;
comment Das war die Veränderung der Position und die Verstärkung, oder mit anderen Worten die „positive" Veränderung der Spuren;
$\forall p \in P_t$ **do**
$\forall e \notin F_t$ **do**
if $e \in V_t$ **then** $s(p, n(p, e)) := s(p, n(p, e)) \oplus (0, 1)$;
comment Das war die Enttäuschung oder mit anderen Worten die „negative" Veränderung der Spuren;

comment 3. Prognose;
$\forall e \in E \cup O$ **do** $\Sigma_e := (0, 0)$;
$\forall p \in P_{t+1}$ **do**
$\forall e \in E \cup O$ **do**
$\Sigma_e := \Sigma_e \oplus s(p, n(p, e))$;
comment Die Häufigkeiten wurden summiert;
$\forall e \in E \cup O$ **do if** $q(\Sigma_e, v)$ **then into** (e, V_{t+1});
comment Es wurde bestimmt, welche Ereignisse und Operationen zu erwarten sind;
$\forall o \in O$ **do if** $q(\Sigma_o, z)$ **then into** (o, F_{t+1});
comment Es wurde bestimmt, wie das Modell im Zeitpunkt t operieren wird, und so, das Eintreffen welcher Operation es in $t+1$ wahrnehmen wird;
$t := t + 1$;
inner 2;
comment Hier kann die Umwelt auf die Operationen antworten und das Experiment hier abgeschlossen werden;
go to again;

Wir müssen erkennen, daß wir die wahren Möglichkeiten des Modells nur dann erschließen können, wenn wir uns mit den anfänglichen Parameterwerten $S_o = \langle (0, 0) \rangle$ nicht zufriedengeben. Für den Ausbau von bedingten Reflexen ist z.B. die Anwesenheit von unbedingten Reflexen nötig, was offensichtlich nur dann möglich ist, wenn an den einzelnen Zeilen des Graphen nicht Spuren von Werten (0, 0) zu finden sind. Um bedingte Reflexe zu simulieren, müssen dem Graphen vorher unbedingte Reflexe eingespeist werden, und zwar in Form von Anfangsspuren mit bestimmten Werten. Sehen wir uns dementsprechend ein neues kritisches Experiment an.

Das Experiment des Pawloschen bedingten Reflexes

In unserem Simulationsversuch sei $E \doteq \langle a,b,c \rangle$ und $O \doteq \langle o \rangle$, wo das Ereignis a das „Nahrungsgefühl", das Ereignis b die „Wahrnehmung des Klingeltones" und das Ereignis c das „Gefühl von allzuviel Speichel" in der bekannten Pawloschen Versuchssituation bedeute. Die Operation o hingegen ist nichts anderes als der „Befehl Speichel abzusondern". Weiterhin sei die Gesetzmäßigkeit der „inneren Umgebung", daß, wenn zum Zeitpunkt t keine Nahrung vorhanden ist, die Absonderung von Speichel hingegen erfolgt, dann stellt sich zum gleichen Zeitpunkt das Gefühl von zuviel Speichel ein. In Zeichen: $\neg a \wedge o \rightarrow c$ auf $\forall t$. Den unbedingten Reflex haben wir in den Graphen auf Bild 3 eingezeichnet. Der Anfangswert der nicht eingezeichneten Spuren beträgt (0, 0); die Erwartungsschwelle ist $v = 0{,}4$ und die Operationsschwelle $z = 0{,}6$.

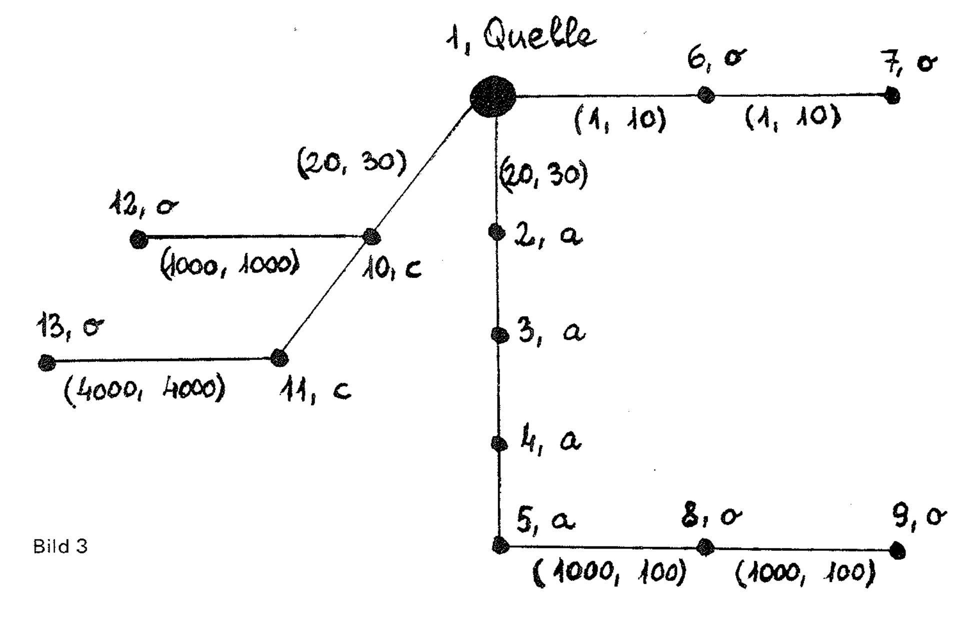


Bild 3

Verfolgen wir, was im Modell während des Simulationsversuchs vorgeht! Im Experiment erhalten wir nach dem Eintreffen des Prozesses (a,a,a,a) als Endposition die Position $P_5 = \langle 1,2,3,4,5 \rangle$: Da $5 \in P_5$, steuert die $s(5,8) = (1000, 100)$ das Eintreffen der Operation o. Da wird jedoch $8 \in P_6$, und die Spur $s(8,9)$ wird erneut eine Operation auslösen. Die eingezeichnete unbedingte Operation funktioniert also wirklich: das Modell reagiert auf den Prozeß (a,a,a,a) mit der Operation o, zwei Takte lang. Wenn jedoch zum Zeitpunkt t zwar die Operation vorhanden ist, das „Nahrungsgefühl" jedoch ausbleibt, tritt infolge der Gesetzmäßigkeit der „inneren Umgebung" zum gleichen Zeitpunkt das „Gefühl von zuviel Speichel" ein. Dann ist $10 \in P_{t+1}$, und die Spur $s(10,12) = (1000, 1000)$ schlägt eine spezielle Steuerung vor: $q((1000,1000),v) =$ **true**, aber $q((1000,1000),z) =$ **false**. In diesem Fall wird der

„Vorschlag" von $s(10,12)$ durchgesetzt, entgegen den „Vorschlägen" anderen Spuren, o wird also dem Modell nach zu erwarten sein, trifft jedoch zugleich nicht ein. Diese Steuerung bezeichnen wir als „destruktive Steuerung" oder Hemmung, da die Veränderung der Spuren dergestalt ist, daß sie später immer weniger Erwartung steuern werden. Die unbedingte Hemmung funktioniert also.

Im Laufe der Konditionierung wiederholen wir den Prozeß $(a,a,a,ab, , , , , ,)$ oft nacheinander, immer ausgehend von der Ruheposition. Damit koppeln wir eigentlich das „Nahrungsgefühl" mit der „Wahrnehmung des Klingeltones". So ist, wenn wir mit der Konditionierung zum Zeitpunkt t begonnen haben, $P_{t+4} = \langle 1,2,3,4,5,p,\ldots \rangle$, wo $p = n(1,b)$. Da o eintritt, wird die Spur $s(p,n(p,o))$ dementsprechend modifiziert und der Wert ihrer ersten Koordinate bei jeder Wiederholung immer größer. Erfolge danach einige Male der Prozeß $(b,a,a, , ,)$. Wenn wir mit diesem zum Zeitpunkt t_1 begonnen haben, kommt $p \in P_{t_1+1}$ wegen $s(p,n(p,o))$ zu „Wort", in dessen Folge o eintritt, d.h. der bedingte Reflex ist herausgebildet. Wenn also auch nur die „Klingel" ertönt, erfolgt die Absonderung.

Erfolge nun aber oft der Prozeß (b,b). Wenn wir mit diesem zum Zeitpunkt t_2 begonnen haben, erfolgt wegen $p \in P_{t_2+1}$ ebenso wie vorhin die Operation o, da jedoch das Ereignis a nicht mehr eintrifft, muß gesetzmäßig das Ereignis c eintreffen. So kommt wegen $10 \in P_{t_2+2}$ an die Spur $s(10,12)$ die Steuerung, die unbedingte Hemmung wird also aktiviert: $p \in P_{t_2+2}$ und $o \in V_{t_2+2}$, aber $o \notin F_{t_2+2}$. Deshalb wächst die zweite Koordinate der Spur $s(p,n(p,o))$ um eins. Die Spur $s(p,n(p,o))$ wird immer weniger die Operation steuern. Das entstandene „Programm" verändert sich und verschwindet allmählich; die „Klingel" steuert nich mehr die „Absonderung von Speichel". Wir haben gesehen, daß die Spur $s(5,n(5,o))$ dann und nur dann „zu Wort" kommt, wenn die Strömung vom Quellpunkt an an jener Bahn entlanggegangen ist, die zu 5 führt. Da stelle sich jedoch (a,a,a,a) ein! Es trifft auch allgemein zu, daß ein Punkt dann und nur dann aktiviert wird, wenn sein sog. „Eintrittsprozeß" erfolgt ist. Sei das Zeichen des Eintrittsprozesses (oder Anfangsprozesses) des Punktes p im allgemeinen $a(p)$. Z.B.: $a(11) = (c,c)$. Wenn durch die Umwelt oder durch die Operationen des Modells der Eintrittsprozeß $a(p)$ eines Punktes p sich abspielt, dann können wir sagen, daß „der Punkt p eine Steuerung erhielt". Jetzt sehen wir auch schon, was man zweckmäßigerweise im Falle des Modells als Programmieren bezeichnen sollte. Als „Input-Programmieren" bezeichnen wir das Vorschreiben der das Modell berührenden Reize. Als „Zustand-Programmieren" bezeichnen wir die Angabe eines Zustandes des Modells: das Vorschreiben der Spuren (S_t) und der aktiven Punkte (P_t) zu einem Zeitpunkt t, z.B. für $t = 0$ (Anfangszustand). Demnach kann das Modell aus „zwei Richtungen" programmiert werden. Das ist jedoch keineswegs überraschend, da z.B. auch im Fall einer Rechenmaschine die gleiche Lage besteht: dort können wir die Daten als zweites Programm betrachten (vgl. mit der Dialektik der Programme und Daten!).

Das symbolische Programmieren des Modells

Bei der Planung eines Programms stört sehr, daß wir uns die entstehenden Zustände des Modells nicht gut vorstellen können, das Zustand-Programm verändert sich infolge des „Laufens" eines Input-Programmes in hohem Maße. Es wäre gut, die unwesentlichen Spurenveränderungen zu vernachlässigen und das Wesen der von den im Zustand-Programm vorhandenen Spuren vorgeschriebenen Steuerung hervorzuheben. Des weiteren ist es außerordentlich schwer, jene Spuren, Zahlenpaare zu finden, die das gewünschte Funktionieren, das Zustand-Programm definieren. Es wäre gut, die zahlenmäßige Bestimmung der Spuren zu automatisieren. Schließlich ist es außerordentlich schwer zu prüfen, ob ein Zustand-Programm gut oder fehlerhaft ist. Unter anderem wegen Obigem ist es zweckmäßig, ein symbolisches Zustand-Programmieren einzuführen. Mit diesem Schritt sind wir auf dem Weg zu einer das Modellprogrammieren sichernden Sprache.

Sei die Menge der Symbole der Sprache S_k. Sei weiterhin
$S_k = \langle h^1, h^2, \ldots h^n, \ldots \rangle \cup \langle w^1, w^2, \ldots w^n, \ldots \rangle \cup \langle o^1, o^2, \ldots o^n, \ldots \rangle$.
Nach der Definition wird h Hemmung, w Erwartung, o die Operation steuernde Spur bedeuten. Seien alle Symbole in S_k äquivalent mit einem Zahlenpaar, für das folgendes zutrifft:

(1) Sei für $s \in S_k$

$$q\,(s, \text{Schwelle}) = \begin{cases} \textbf{false} \ \text{wenn } s = h^i & \text{oder} \\ \phantom{\textbf{false} \ \text{wenn }} s = w^i & \text{und Schwelle = Operationsschwelle} \\ \textbf{true} \ \text{wenn } s = w^i & \text{und Schwelle = Erwartungsschwelle} \\ \phantom{\textbf{true}} \ \text{oder } s = o^i. & \end{cases}$$

Bezeichnen wir die Relation $q\,(a, \text{Schwelle}) = q\,(b, \text{Schwelle})$ mit „$a \sim b$".

(2) Sei die Operation $\oplus$ assoziativ und kommutativ und seien folgende Behauptungen wahr: in den aus den Elementen der Menge S_k bestehenden Gliedern von höchstens k: $h^i \oplus w^i \sim h^i$, $h^i \oplus o^i \sim h^i$, und $w^i \oplus o^i \sim w^i$ jedes i für eine natürliche Zahl; $a \oplus b \sim a$ wenn $a \in S_k$–s oberer Index größer ist als $b \in S_k$–s oberer Index. Beispiel: $h^7 \oplus w^7 \oplus o^7 \oplus o^{13} \oplus o^{29} \oplus h^{29} \sim h^{29}$ wenn die Symbole Elemente der Menge S_{6+j} $(j = 0, 1, 2 \ldots)$ sind.

Wahr sind folgende zwei Behauptungen: Es existieren unendlich viele S_k mit obiger Eigenschaft für jede natürliche Zahl k. Jede S_n wenn $n = k$ hat zugleich die Eigenschaft von S_k.

Wir müssen bemerken, daß, wenn wir bei der Schätzung der Steuerung nur mit den Elementen von S_k rechnen müssen, die Eigenschaften von S_k das Kopfrechnen mit dem Algorithmus des Modells ermöglichen; nach (2) wird die Bestimmung der zu $e \in E \cup O$

gehörenden Σ_e leichter, nach (1) hingegen können wir den Wert von $q\,(\Sigma_e, \text{Schwelle})$ schneller bekommen. Die Bestimmung von S_k bietet also eine bequeme symbolische Programmierungsmöglichkeit, da bei der Schätzung der Steuerung nur mit den Elementen von S_k gerechnet werden muß. Diese bequeme Programmierung kann dann gesichert werden, wenn die Elemente von S_k genügend große Zahlen enthaltende Spuren sind. Jetzt geben wir das vorhergehende Pawlowsche Programm mit Hilfe einer symbolischen Programmierung S_{100} an (s. Bild 4).

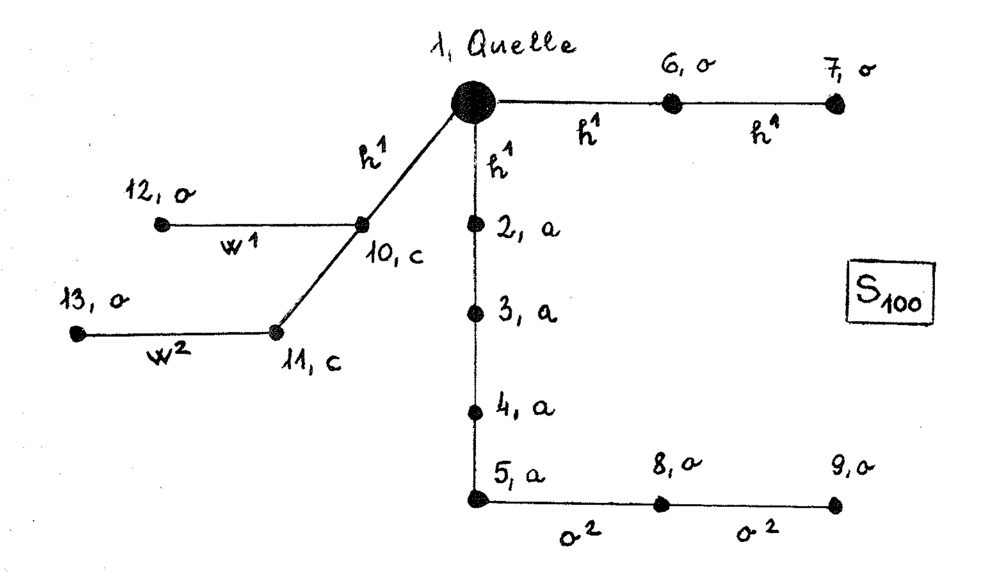


Bild 4

Es ist zwar wahr, daß S_∞ nicht existiert, wir können uns jedoch eine Symbolmenge mit dieser Eigenschaft vorstellen. Nehmen wir auch die Spurenmenge S_∞ als Axiom des Modells an. Bezeichnen wir die Elemente von S_∞ mit einem unteren Index: $S_\infty = \langle h_1, h_2, \ldots h_n \ldots \rangle \cup \langle w_1, w_2, \ldots w_n \ldots \rangle \cup \langle o_1, o_2, \ldots o_n \ldots \rangle$. Im wesentlichen haben wir die zu den mit einem solchen Symbol versehenen Kanten zugeordneten Spuren einerseits „maximalisiert", andrerseits haben wir *ihre Veränderung ausgeschaltet.*

Die Programmierung der Turing-Maschine

Nehmen wir ein anderes Beispiel. Es ist Zeit nachzuweisen, daß in unserem Modell mit Hilfe einer symbolischen Programmierung S_∞ ein die universelle Turing-Maschine

Bild 5

definierendes Zustands-Programm gemacht werden kann (über die Turing-Maschine s. z.B.: Arbib, 1969; Davis, 1958; Minsky, 1967; Turing, 1936). Anstelle des Programmes der universellen Turing-Maschine führen wir das Zustandprogramm einer nur 1–2 Zahlen addierenden Turing-Maschine ein. Seien: $E \doteq \langle e_{\text{Start}}, e_{\text{leer}}, e_{\text{Zeichen}} \rangle$ und $o \doteq \langle o_{\text{Blick}}, o_{\text{Zeichenschreiben}}, o_{\text{Löschen}}, o_{\text{links}}, o_{\text{rechts}}, o_{\text{Zustand}_1}, o_{\text{Zustand}_2}, o_{\text{Zustand}_3}, o_{\text{stop}} \rangle$. Eine Operation o_{Blick} in t müssen wir uns so vorstellen, daß unter ihrer Einwirkung die Wahrnehmung der aktuellen Zelle des „Papierstreifens" in $t+1$ erfolgt. Sehen wir uns das Zustand-Programm auf Bild 5 an. Was geschieht, wenn e_{start} in einer Ruheposition erfolgt?

Es ist ersichtlich, daß das eingezeichnete Zustand-Programm durchgeführt wird und das Modell genau eine solche Turing-Maschine simuliert, die zwei Zahlen addiert. Wenn z.B. der Zustand des „Papierstreifens" beim Erfolgen von e_{start} der auf Bild 6a dargestellte Zustand ist, dann bekommen wir beim Erfolgen von o_{stop} das auf Bild 6b dargestellte Endergebnis.

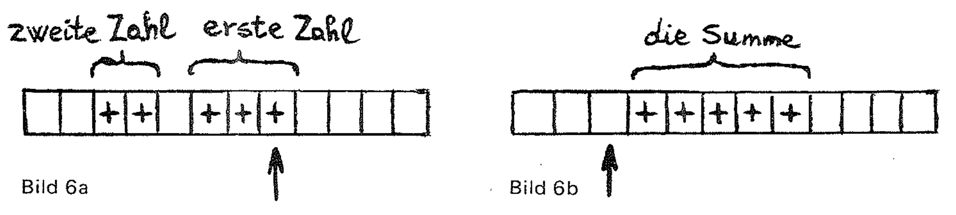


Bild 6a

Bild 6b

Für jede Turing-Maschine können wir auf die vorgeführte Weise die Menge $E \cup O$, den zu dieser Menge gehörigen Graphen G und jenes Zustand-Programm bekommen, das beim Erfolgen von e_{start} das Simulieren der Turing-Maschine beginnt. Gibt es aber eine fixierte Menge $E \cup O$ und den dazugehörigen Graphen G, für die ein eine beliebige Turing-Maschine simulierendes Zustand-Programm geschrieben werden kann?

Bei der Programmierweise unseres Beispiels kann die Menge $E \cup O$ nicht fixiert gewesen sein, weil ja eine Turing-Maschine beliebig viele Zustände haben kann, so kann auch die Zahl der Operationen o_{Zustand_x} beliebig groß sein. Das kann jedoch durch das Kodieren der Operationen z.B. auf folgende Weise vermieden werden: Wenn die Zahl der Operationen o_{Zustand_x} n ist, dann sei $m \doteq \text{entier}\,({}^{2}\log n + 1)$ und betrachten die folgenden Entsprechungen:

$$o_{\text{Zustand}_1} \longleftrightarrow \overset{1\,2}{00} \ldots \overset{m}{001_2} \longleftrightarrow (\overset{1}{o_{\text{Null}}}, \overset{2}{o_{\text{Null}}}, \ldots \overset{m-2}{o_{\text{Null}}}, \overset{m-1}{o_{\text{Null}}}, \overset{m}{o_{\text{Eins}}})$$

$$o_{\text{Zustand}_2} \longleftrightarrow 00 \ldots 010_2 \longleftrightarrow (o_{\text{Null}}, o_{\text{Null}}, \ldots o_{\text{Null}}, o_{\text{Eins}}, o_{\text{Null}}) \quad \text{usw.}$$

Durch die Modifizierung des Graphen in unserem Beispiel – aufgrund des oben angegegebenen – bekommen wir schon einen „universellen Graphen", da auf ihn das für die Arbeit einer beliebigen Turing-Maschine notwendige Zustandsprogramm auf die oben beschriebene Weise geschrieben werden kann. Für den „universellen Graphen" kann auch das Programm der universellen Turing-Maschine geschrieben werden.

Schrifttum

Arbib, M.A. (1969): Theories of abstract automata. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1969

Davis, M. (1958): Computability and unsolvability. McGraw-Hill, New York, 1958

Gáspár, A./Pálvölgyi, L. (1978): Zur Modelierung und Rechnersimulation des Lernens: ein Modellierungsversuch. GrKG 1978, Bd. 19, H. 4, S. 113–125

Gáspár, A./Visontay, Gy./Csaki, P. (1977): Tasking and run time library handling in SIMULA-67 implemented on CDC 3300, Budapest). Computer and Automation Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 1977

Minsky, M.L. (1967): Computation: finite and infinite machines. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1967

Pawlow, I.P. (1924): Dwadzatiletnij opüt objektiwnawa isuzenija wüsschej nerwnoj dijatelnosti (pawedinija) ziwotnüch. Uslownüje refleksü. Izd. wtaroje, dopolnennoje. Gasudarstwennoje Izdatelstwo Leningrad, 1924

Pawlow, I.P. (1951): Polnoje sobranije sozinenij. Tom III, IV. Izd. wtaroje, dopolnennoje. Izdatelstwo Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad, 1951

Turing, A.M. (1936): On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem. Proceedings of the London Mathematical Society, 1936-7, Ser. 2, Bd. 42, H. 3–4, S. 230–265. (Correction: Bd. 43, H. 7. S. 544–546)

Weiteres Schrifttumverzeichnis zu dem Thema s. in Gáspár – Pálvölgyi (1978).

Eingegangen am 10. Dezember 1979

Anschrift des Verfassers:

Dr. Lajos Pálvölgyi, Pädagogisches Forschungsinstitut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, H-1250 Budapest, Postfach 30, Ungarn

In eigener Sache

Aus Anlaß des Abschlusses des 20. Jahrgangs unserer Zeitschrift fand im Rahmen des 4. Werkstattgesprächs „Interlinguistik in Bildung und Wissenschaft" in Paderborn am 25. November 1979 eine Herausgeberbesprechung statt, an welche sich ein Empfang anschloß, zu dem alle regelmäßigen Bezieher geladen waren. Mehr als ein Drittel der bisherigen Herausgeber, wenngleich erwartungsgemäß nur wenige Bezieher, nahmen an den Besprechungen über die künftige redaktionelle Linie teil. Übereinstimmung wurde darüber erzielt, daß die Thematik der Lehrobjektivierung, die seit GrKG 13/1 (S. 1 f.) in den Mittelpunkt gerückt werden sollte, an Aktualität verloren hat, daß die Ausdehnung des sprachkybernetischen Themenkreises bis in die Interlinguistik hinein beibehalten werden soll und daß die Brückenfunktion der Kybernetik durch die erhöhte Spezialisierung kybernetischer Forschung in den letzten 20 Jahren immer weniger wirksam wurde, so daß ein Ausgleich innerhalb unserer Zeitschrift durch eine neue Rubrik „Kybernetik in der Lehre" (oder „Kybernetik als Lehrgegenstand") geschaffen werden sollte. Diese Kurskorrektur, die äußerlich durch eine Aktualisierung des bisherigen Herausgeberkreises und der Programmfassung (vgl. die erste und zweite Umschlagseite) zu erkennen sein wird, soll im Laufe des 21. Jahrgangs vollzogen werden.

Veranstaltungen

Vom 12. bis 24. Juli 1980 finden im jugoslawischen Badeort Primošten die zweiten internationalen Sommeruniversitätswochen der Gesellschaft für sprachgrenzübergreifende europäische Verständigung (Europaklub) e.V. statt. Vorgesehen sind u.a. ein Lehrgang über quantitative Methoden der kybernetischen Pädagogik und ein Einführungskurs in die Interlinguistik. Die Kurse werden je zweisprachig durchgeführt, und zwar in Internacia Lingvo und je einer von den Dozenten und Teilnehmern zu bestimmenden Nationalsprache (im Falle des kybernetisch-pädagogischen Kurses: Deutsch). Nähere Information: Europaklub, Kleinenberger Weg 16B, D-4790 Paderborn.

Das 20. Werkstattgespräch über Kybernetische Pädagogik der gpi-Arbeitsgruppe Kybernetik findet vom 13. bis 15. Juni 1980 in München statt. Vortrags- und Teilnahmeanmeldungen sowie Auskünfte: Dr. F. Lösch, Uppenbornstr. 34, München 34. Keine Teilnehmergebühren! – Das 21. Werkstattgespräch wird voraussichtlich im Herbst in Bremen stattfinden.

Mehrere Autoren der GrKG (Frank, Lánský, Lehrl, Maas, Mas, Münnich, Sangiorgi, Schmid, Sherwood, Weltner) erscheinen im Programm des 9. Internationalen Kybernetikkongresses (8. bis 13. November 1980, Namur). Anmeldungen und Auskünfte: Association Internationale de Cybernétique, Palais des Expositions, B-5000 Namur. (Europaklubmitglieder erhalten bei Sammelanmeldung 50% Ermäßigung.)

Das FEoLL-Institut für Kybernetische Pädagogik Paderborn plant die Durchführung seines 5. Werkstattgesprächs „Interlinguistik in Bildung und Wissenschaft" (zusammen mit der gpi-Arbeitsgruppe Interlinguistik und Sprachkybernetik und dem Europaklub) für die Zeit vom 6. bis 10. November 1980 – unmittelbar vor einer Arbeitstagung aus Anlaß des 10jährigen Bestehens des Forschungs- und Entwicklungsinstituts für objektivierte Lehr- und Lernverfahren (FEoLL). Vortrags- und Teilnahmeanmeldungen sowie Auskünfte: FEoLL-IfKyP, Pohlweg 55, Paderborn. Arbeitssprachen: Deutsch und Internacia Lingvo.

Unter dem Titel: „Kommunikation nach dem Jahre 2000" ist eine 4. Internationale Konferenz über das Sprachenproblem in der Wissenschaft (vgl. GrKG 20/2, S. 62) an der Universität von São Paulo, Brasilien, vom 21. – 24. Juli 1981 unter der Tagungsleitung von Prof. Dr. Osvaldo Sangiorgi vorgesehen. Deutschsprachige Interessenten wollen sich bitte an die Redaktion der GrKG wenden.

Veranstaltungsberichte

Die Sektion „Frühfremdsprachunterricht" des 4. Werkstattgesprächs „Interlinguistik in Wissenschaft und Bildung" (Paderborn, 1979-11-22/24) schloß mit einem jetzt zur Veröffentlichung freigegebenen Protokoll ab, das eine vor allem den Hochschulbereich betreffende Entschließung enthält. Hier der vollständige deutsche Wortlaut des Protokolls:

Entschließung des 4. Werkstattgesprächs über Interlinguistik in Bildung und Wissenschaft

Der Teilnehmerkreis bestand sowohl aus Fachleuten für den Grundschulunterricht in Fremdsprachen als auch aus Fachleuten für Sprachorientierungsunterricht in der Grundschule oder für Plansprachunterricht höherer Stufen des Bildungswesens. Beide Seiten erreichten nach gründlicher Diskussion eine Übereinstimmung über die folgenden Punkte, deren Formulierungen in beiden Konferenzsprachen sie einem Redaktionskomitee anvertrauten, welchem angehören

Prof. Elmar Roth, Schönsteinle 6, D-7214 Zimmern
Prof. Wilhelm Sanke, Jugendheimerstr. 8A, D-3500 Kassel
Dr. Gisela Schmid-Schönbein, Ahornstr. 55, D-5100 Aachen
Suzan Barcsay, Bem Rakpart 25/B, H-1011 Budapest
Prof. Dr. Helmar Frank, Kleinenberger Weg 16a, 4790 Paderborn
Piera Raffo, Via sampier die Canne 109, I-16043 Chiavari
Dr. Peter Zlatnar, Rimska 7, YU-61000 Ljubljana
Ass. univ. Michel Duc Goninaz, F-13100 Aix en Provence
Dr. Magda Ŝaturova, ČS 80100 Bratislava

Der Ausschuß erreichte Einmütigkeit über den Textwortlaut.

Jeder Teilnehmer soll berechtigt sein, eine Kopie oder eine Übersetzung namens der Werkstattgesprächsteilnehmer vorzulegen, wo auch immer dieses den gemeinsamen Anstrengungen der Tagungsteilnehmer nützen könnte.

1. Für den Bereich der Universitäten, Pädagogischen Hochschulen und Pädagogischen Akademien in Europa empfehlen die Teilnehmer:
   1.1 Sämtliche Studierende philologischer Fächer — insbesondere (aber nicht nur) künftige Lehrer — sollen während ihrer Studien zumindest durch ein einsemestriges Seminar Grundkenntnisse über Interlinguistik (d.h. über vergleichende, mit einer Theorie der Sprachplanung und der Plansprachkonstruktion abschließende Sprachwissenschaft) und über Plansprachen erwerben.
   1.2 Alle künftigen Grundschullehrer sollen im Rahmen grundschulpädagogischer Lehrveranstaltungen über die Rolle der verschiedenen Formen des Frühfremdsprachunterrichts informiert werden. Es ist notwendig, daß sie Eltern sachkundig sowohl über die Ziele des Beginns des Unterrichts in Fremdsprachen schon (spätestens) in der Grundschule informieren können, als auch über die Ziele des Sprachorientierungsunterrichts.
2. Bezüglich der Sekundarstufe in ganz Europa stimmen die Werkstattgesprächsteilnehmer darüber überein, daß
   2.1 alle Schüler unbedingt die Möglichkeit haben sollen, wenigstens eine lebende Fremdsprache zu erlernen;
   2.2 das Angebot zu lernender Sprachen soll örtliche Umstände berücksichtigen; insbesondere soll in Grenzorten zum Angebot die Nachbarsprache gehören.
3. Bezüglich der Grundschulstufe und der Vorschulerziehung kamen die Tagungsteilnehmer überein, wissenschaftlich zusammenzuarbeiten, um die Ergebnisse des bisher verwirklichten Frühfremdsprachunterrichts in den verschiedenen europäischen Ländern zu vergleichen.

Paderborn, 1979-11-24

Richtlinien für die Manuskriptabfassung

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.

Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten, für die Aufnahme in die internationale Knapptextbeilage „Homo kaj Informo" eine knappe, aber die wichtigsten neuen Ergebnisse des Beitrags für Fachleute verständlich wiedergebende Zusammenfassung (Umfang maximal 200 Wörter) in Internationaler, notfalls deutscher Sprache beizufügen.

Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit soll angeführt werden.) Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden. Im übrigen wird auf die „Mindestgütekriterien für kybernetisch-pädagogische Originalarbeiten in deutscher Sprache" (abgedruckt u. a. in „Kybernetik und Bildung I", Verlagsgemeinschaft Schroedel/Schöningh, Hannover und Paderborn 1975) verwiesen, die von Schriftleitung und Herausgebern der Beurteilung der eingereichten Manuskripte sinngemäß zugrundegelegt werden.

